

ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE ELEMENT

Patent number: JP2000340365 (A)

Publication date: 2000-12-08

Inventor(s): FUKUYAMA MASAO; SUZUKI MUTSUMI; KUDO YUJI; HORI YOSHIKAZU +

Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD +

Classification:

- international: **H01L51/50; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; H01L51/50; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; (IPC1-7): H05B33/14; H05B33/22**

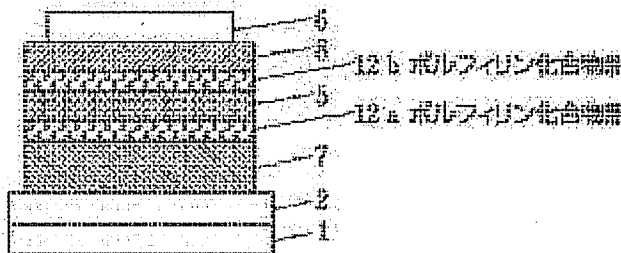
- european:

Application number: JP19990144496 19990525

Priority number(s): JP19990144496 19990525

Abstract of JP 2000340365 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve luminous efficiency by providing a layer, at least, including a charge transport material and a metal, and a layer, at least, including an organic substance and a metal included in a light emitting layer between electrodes and the light emitting layer. **SOLUTION:** This organic electroluminescence element is provided with a pair of electrodes and a light emitting layer including a prescribed organic substance, the light emitting layer is sandwiched between layers, at least, including porphyrin compound, and a charge transport material includes aromatic amine compound and a metal complex of the porphyrin compound or 8-quinolinols. A hole transport material includes aromatic amine compound or porphyrin compound, and an electron transport material includes a metal complex of the 8-quinolinols. This organic electroluminescence device is manufactured by vapor depositing a hole transport layer 7, a porphyrin compound layer 12a, the light emitting layer 5, a porphyrin compound layer 12b, an electron transport layer 8, and a negative electrode 6 in this order.



Family list

1 application(s) for: JP2000340365 (A)

1 ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE ELEMENT

Inventor: FUKUYAMA MASAO ; SUZUKI MUTSUMI (+2)

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

EC:

IPC: H01L51/50; H05B33/12; H05B33/14; (+7)

Publication JP2000340365 (A) - 2000-12-08
info:

Priority Date: 1999-05-25

Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-340365

(P2000-340365A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000. 12. 8)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 5 B 33/22

33/14

識別記号

F I

H 0 5 B 33/22

33/14

テームコード* (参考)

A 3 K 0 0 7

C

A

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-144496

(22) 出願日

平成11年5月25日 (1999. 5. 25)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 福山 正雄

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 鈴木 睦美

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

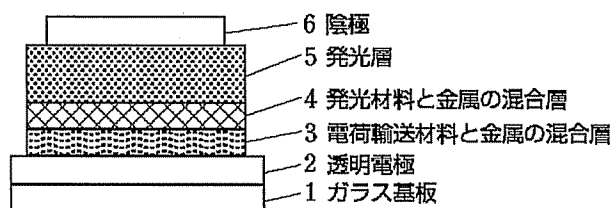
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子

(57) 【要約】

【課題】 発光効率が高い有機電界発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、電極と発光層5の間に電荷輸送材料と金属を少なくとも含む層3および、前記発光層に含有する有機物と金属を少なくとも含む層4を設けた有機電界発光素子である。このような構成によれば、発光効率が高い有機電界発光素子が提供される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の電極と、所定の有機物を含有する発光層と、前記電極と前記発光層の間に、電荷輸送材料及び第1の金属を少なくとも含む層並びに前記有機物及び第2の金属を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子。

【請求項2】 一対の電極と、所定の有機物を含有する発光層と、前記電極と前記発光層の間に、電荷輸送層並びに電荷輸送材料及び金属を少なくとも含む層を有し、前記電荷輸送材料及び金属を少なくとも含む層が前記発光層に接していることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項3】 一対の電極と、所定の有機物を含有する発光層と、前記発光層に接して正孔輸送材料及び電子輸送材料の混合層を有する有機電界発光素子。

【請求項4】 陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極の間に所定の有機物を含有する発光層を有し、前記陰極と前記発光層の間に、前記有機物及び正孔輸送材料を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子。

【請求項5】 陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極の間に所定の有機物を含有する発光層を有し、前記陽極と前記発光層の間に前記有機物及び電子輸送材料を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子。

【請求項6】 一対の電極と、所定の有機物を含有する発光層を有し、前記発光層がポルフィリン化合物を少なくとも含む層により挟まれていることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項7】 電荷輸送材料が芳香族アミン化合物、ポルフィリン化合物又は8-キノリノール誘導体の金属錯体を含有する請求項1又は2記載の有機電界発光素子。

【請求項8】 正孔輸送材料が芳香族アミン化合物又はポルフィリン化合物を含有する請求項3又は4記載の有機電界発光素子。

【請求項9】 電子輸送材料が8-キノリノール誘導体の金属錯体を含有する請求項3又は5記載の有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、各種の表示装置として広範囲に利用される発光素子であって、特に低い駆動電圧、高輝度、安定性に優れた有機電界発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 電界発光素子は、自己発光のために液晶素子にくらべて明るく、鮮明な表示が可能であるため、旧来多くの研究者によって研究されてきた。

【0003】 現在、実用レベルに達し商品化されている電界発光素子としては、無機材料のZnSを用いた素子がある。

【0004】 しかし、このような無機の電界発光素子は発光のための駆動電圧として200V程度必要であるた

め、広く使用されるには至っていない。

【0005】 これに対して、有機材料を用いた電界発光素子である有機電界発光素子は、従来、実用的なレベルからはほど遠いものであったが、アプライド・フィジックス・レターズ、51巻、913頁、1987年（Applied Physics Letters, Vol. 51, P. 913, 1987）に開示されているように、コダック社のC. W. Tangらによって開発された積層構造素子により、その特性が飛躍的に進歩した。

【0006】 彼らは、蒸着膜の構造が安定であって電子を輸送することのできる蛍光体と、正孔を輸送することのできる有機物を積層し、両方のキャリアーを蛍光体中に注入して発光させることに成功した。

【0007】 これによって、有機電界発光素子の発光効率が向上し、10V以下の電圧で1000cd/m²以上の発光が得られるようになった。

【0008】 しかしながら、発光特性に対する要求は厳しく発光効率のさらなる向上が望まれている。このためには、発光層に用いる発光材料の改良ばかりでなく、素子構成の改良も非常に重要である。特に、注入された電子と正孔を効率良く再結合させ励起子を生成させ、発光層で効率よく電界発光させる必要がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、発光効率が高い有機電界発光素子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明は、電極と発光層の間に電荷輸送材料と金属を少なくとも含む層および、前記発光層に含有する有機物と金属を少なくとも含む層を設けた有機電界発光素子である。または、電極と発光層の間に電荷輸送層および電荷輸送材料と金属を少なくとも含む層を設け、かつ電荷輸送材料と金属を少なくとも含む層が発光層に接して設けられた有機電界発光素子である。または、発光層に接して正孔輸送材料と電子輸送材料の混合層が設けられた有機電界発光素子である。または、陰極と発光層の間に発光層に含有する有機物と正孔輸送材料を少なくとも含む層を設けた、あるいは陽極と発光層の間に発光層に含有する有機物と電子輸送材料を少なくとも含む層を設けた有機電界発光素子である。または、発光層がポルフィリン化合物を少なくとも含む層により挟まれている有機電界発光素子である。

【0011】 このような構成によれば、発光効率が高い有機電界発光素子が提供される。

【0012】

【発明の実施の形態】 請求項1記載の本発明は、一対の電極と、有機物を含有する発光層と、前記電極と前記発光層の間に、電荷輸送材料及び第1の金属を少なくとも含む層並びに、前記有機物及び第2の金属を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子である。このような構

成をとることにより陽極から注入された正孔あるいは陰極から注入された電子が効率よく発光層まで移動することができ発光層内で効率よく電界発光させることができる。

【0013】なお、一對の電極は通常の場合陽極と陰極からなり、正孔又は電子を輸送する電荷輸送材料及び金属を少なくとも含む層並びに、発光層に含有する有機物及び金属を少なくとも含む層は陽極と発光層の間に設けても陰極と発光層の間に設けても、これらの両方に設けても良い。

【0014】なお、陽極と発光層の間に設ける場合には、ここで用いられる金属としては、仕事関数が4.0 eV以上であるとよい。具体的には、アルミニウム、銀、銅、金、錫、インジウム、マンガン、ニッケル、白金、などが挙げられる。また、陰極と発光層の間に設ける場合には、ここで用いられる金属としては、仕事関数が4.5 eV以下のものを用いるとよい。具体的にはアルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、スカンジウム、イットリウム等があり、特に、Li、Mg、Ca、Sr等のアルカリ金属、アルカリ土類金属が好適である。

【0015】請求項2記載の発明は、一對の電極と、有機物を含有する発光層と、前記電極と前記発光層の間に、電荷輸送層並びに、電荷輸送材料及び金属を少なくとも含む層を有し、前記電荷輸送材料及び金属を少なくとも含む層が前記発光層に接していることを特徴とする有機電界発光素子である。このような構成をとることにより電極から注入されたキャリアが効率よく発光層まで移動することができ発光層内で効率よく発光することができる。

【0016】さらに、発光層を、正孔又は電子を輸送する電荷輸送材料と金属を少なくとも含む層で挟むとさらによく、注入された正孔と電子が発光層内で効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。

【0017】請求項3記載の発明は、一對の電極と、有機物を含有する発光層と、前記発光層に接して正孔輸送材料及び電子輸送材料の混合層を有する有機電界発光素子である。このように、発光層に接して正孔を輸送する

正孔輸送材料と電子を輸送する電子輸送材料の混合層設けることにより、注入された正孔と電子が発光層内で効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。さらに、発光層を上記混合層で挟むことにより一層の特性改善が成される。

【0018】請求項4記載の発明は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極の間に、有機物を含有する発光層を有し、前記陰極と前記発光層の間に、前記有機物及び正孔輸送材料を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子である。このような構成をとることにより、注入された正孔と電子が発光層内で効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。

【0019】請求項5記載の発明は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極の間に、有機物を含有する発光層を有し、前記陽極と前記発光層の間に、前記有機物及び電子輸送材料を少なくとも含む層を有する有機電界発光素子である。このような構成をとることにより、注入された正孔と電子が発光層内で効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。

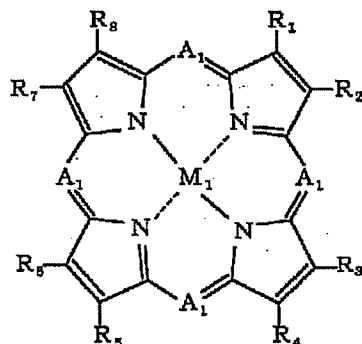
【0020】さらに、陰極と発光層の間に発光層に含有する有機物と正孔輸送材料を少なくとも含む層を設け、かつ陽極と発光層の間に発光層に含有する有機物と電子輸送材料を少なくとも含む層を設けることにより、注入された正孔と電子が発光層内でさらに効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。

【0021】請求項6記載の発明は、一對の電極と、有機物を含有する発光層を有し、前記発光層がポルフィリン化合物を少なくとも含む層により挟まれていることを特徴とする有機電界発光素子である。このように、発光層がポルフィリン化合物を少なくとも含む層により挟まれていることにより、注入された正孔と電子が発光層内で効率よく再結合することができ高効率の電界発光が可能となる。

【0022】ここで用いられるポルフィリン化合物は下記一般式で示されるものであると好適である。

【0023】

【化1】



【0024】ただし、(化1)における $R_1 \sim R_8$ は同一でも異なってもよい水素原子、ハロゲンまたは1価の有機

機残基を示し、 R_1 と R_2 、 R_3 と R_4 、 R_5 と R_6 、 R_7 と R_8 は共同で環を形成してもよく、 A_1 は $-N=$ あるいは

—CR₉—を示し、R₉は水素原子、ハロゲンまたは1価の有機残基であり、M₁は水素原子、金属原子、金属酸化物、金属ハロゲン化物または1価有機残基を有する金属である。

【0025】また、R₁～R₉の1価の有機残基としては、分岐してもしなくてもよいアルキル基、置換または無置換のアリール基、ビニル基やアリル基等の不飽和炭化水素基、カルボキシ基、カルボキシアルキル基、ヒドロキシ基、アルコキシ基、アシル基、アルキルオキシ基、アリールオキシ基、アルキルチオ基、アリールチオ基、ニトロ基、アミノ基、アミノアルキル基、シアノ基、シアノアルキル基、置換または無置換の3員環以上の複素環等が用いられ得る。

【0026】また、R₁とR₂、R₃とR₄、R₅とR₆、R₇とR₈は共同で環を形成してもよく、特に芳香族環のベンゼン環やナフタレン環等を形成した場合にはベンゾポルフィリン化合物、フタロシアニン化合物、ナフタロシアニン化合物などと呼ばれる化合物群となる。このような化合物は安定性が向上したものが得られさらに好適である。

【0027】また、M₁は2個の水素原子、1個または2個の金属原子、金属酸化物、ハロゲン化金属または1価の有機残基を有する金属であり、金属原子としてはLi、Na、K、Rb、Cs、Be、Sr、Ba、Ca、Mg、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mn、Cr、Al、Ga、Sn、Si、Ge、Sc、Ti、Pb、V、Pt、Pd、Cd等が用い得る。さらに、1価の有機残基としては、分岐してもしなくてもよいアルキル基、置換または無置換のアリール基、ビニル基やアリル基等の不飽和炭化水素基、カルボキシ基、カルボキシアルキル基、ヒドロキシ基、アルコキシ基、アシル基、アルキルオキシ基、アリールオキシ基、アルキルチオ基、アリールチオ基、ニトロ基、アミノ基、アミノアルキル基、シアノ基、シアノアルキル基、置換または無置換の3員環以上の複素環等が用いられ得る。

【0028】具体的にポルフィリン化合物としては、ポルフィン、エチオポルフィン、メソポルフィン、プロトポルフィン、プロトポルフィン亜鉛、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチルポルフィン、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチルポルフィン銅、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチルポルフィンマグネシウム、5, 10, 15, 20-テトラフェニルポルフィン、5, 10, 15, 20-テトラフェニルポルフィン銅、5, 10, 15, 20-テトラピリジルポルフィン、テトラベンゾポルフィン、5, 10, 15, 20-テトラアザポルフィリン、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-5, 10, 15, 20-テトラアザポルフィリン、2, 7, 12, 17-テトラ-*t*-ブチル-5, 10, 15, 20-テトラアザポルフィリン、5,

10, 15, 20-テトラフェニル-5, 10, 15, 20-テトラアザポルフィリン、5, 10, 15, 20-テトラフェニル-5, 10, 15, 20-テトラアザポルフィリン銅、無金属フタロシアニン、銅フタロシアニン、鉛フタロシアニン、亜鉛フタロシアニン、マグネシウムフタロシアニン、コバルトフタロシアニン、錫フタロシアニン、塩化錫フタロシアニン、塩化アルミフタロシアニン、チタニルフタロシアニン、ナフタロシアニン、銅ナフタロシアニン銅、コバルトナフタロシアニン、銅-4, 4', 4'', 4'''-テトラアザフタロシアニン等が挙げられる。

【0029】また、請求項7に記載のように、正孔又は電子を輸送する電荷輸送材料として芳香族アミン化合物、ポルフィリン化合物又は8-キノリノール誘導体の金属錯体から選ばれるものであるとよい。

【0030】ここで用いられる芳香族アミン化合物としては、芳香族第3級アミン化合物、スターバーストアミン、芳香族アミノオリゴマーなどがよい。特に、特開平7-126615号、特開平7-331238号又は特開平8-100172号で開示されている芳香族アミン化合物は耐熱性が向上したものであり最適である。

【0031】また、ポルフィリン化合物としては(化1)式で示されるものであると好適である。

【0032】また、8-キノリノール誘導体の金属錯体としては、8-キノリノールの様々な誘導体と2から4価の金属による錯体が良い。なお、8-キノリノールの誘導体としては、無置換または置換基を有する8-キノリノールがよく、置換基としてはハロゲンまたは1価の有機残基である。なお1価の有機残基としては、分岐してもしなくてもよいアルキル基、置換または無置換のアリール基、ビニル基やアリル基等の不飽和炭化水素基、カルボキシ基、カルボキシアルキル基、ヒドロキシ基、アルコキシ基、アシル基、アルキルオキシ基、アリールオキシ基、アルキルチオ基、アリールチオ基、ニトロ基、アミノ基、アミノアルキル基、シアノ基、シアノアルキル基、置換または無置換の3員環以上の複素環等が用いられ得る。

【0033】また、請求項8に記載のように、正孔を輸送する正孔輸送材料としては上記で述べたような芳香族アミン化合物またはポルフィリン化合物から選ばれるものであるとよく、請求項9に記載のように、電子を輸送する電子輸送材料としては上記で述べたような8-キノリノール誘導体の金属錯体であるとよい。

【0034】なお、発光層に用いる発光材としては各種の蛍光性金属錯体化合物、キナクリドン誘導体、クマリン誘導体、メロシアニン誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、スチリル誘導体、フラボン誘導体、キノリン誘導体、アクリジン誘導体、縮合多環化合物などが挙げられる。また、ポリパラフェニレンビニレン、ポリフルオレンなどの蛍光性高分子化合物なども用い

ることができる。

【0035】また、N,N'-ジメチルキナクリドン (DMQ)、N,N'-ジフェニルキナクリドンなどのキナクリドン誘導体や3-(2'-ベンゾチアゾリル)-7-ジエチルアミノクマリン (クマリン6) などのクマリン誘導体、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン (DCM)、ルブレン、ジフェニルテトラセン、ペリレンなどの各種蛍光材料を発光層にドーパントとして添加することによりさらに高効率、高輝度、高信頼性の有機電界発光素子を作製することができる。

【0036】また、通常は基板上に陽極から陰極の順に積層するが、これとは逆に基板上に陰極から陽極の順に積層してもよい。

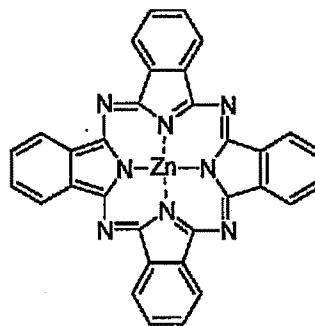
【0037】以下に、本発明を具体的な実施の形態により説明する。

【0038】以下の実施の形態では、正孔輸送材料として (化2) で示す亜鉛フタロシアニン (以下ZnPcという) または (化3) で示すN,N'-ビス[4'-(N,N'-ジフェニルアミノ)-4-ビフェニル]-N,N'-ジフェニルベンジジン (以下TPPTという) を、発光層に用いる発光材

料としては (化4) で示すトリス (8-キノリノール) アルミニウム (以下Alqという) または (化5) で示すジスチルアリレン (以下DPVB iという) を、電子輸送材料としてはAlqを用い、陽極、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、陰極の順に積層した素子の構成を代表的に示すが、本発明はこの構成に限定されるものではない。

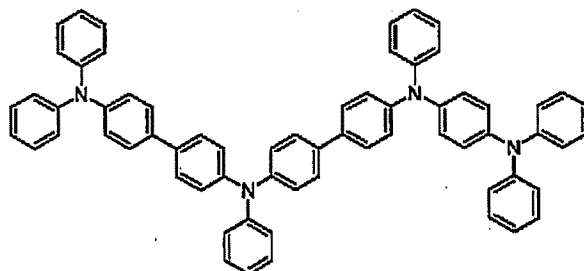
【0039】

【化2】



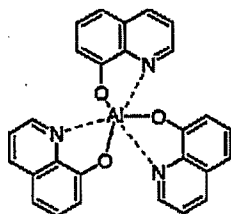
【0040】

【化3】



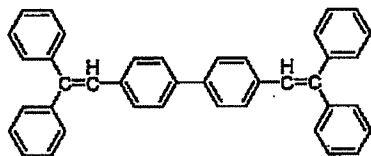
【0041】

【化4】



【0042】

【化5】



【0043】 (実施の形態1) 本実施の形態の電界発光素子は、図1に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、電荷輸送材料と金属の混合層3、発光層に含まれる有機物である発光材料と金属の混合層4、発光層5、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0044】まず、十分に洗浄したガラス基板1 (透明電極2となるITO電極は成膜済み)、ZnPc、TPPT、Alq、金、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0045】ついで、 2×10^{-6} torrまで排気した後、電荷輸送材料であるZnPcと金を異なる蒸着源から共蒸着し電荷輸送材料と金属の混合層3となるZnPcと金の混合層を25nm形成した。ついで、発光材料のAlqと金を異なる蒸着源から共蒸着し、発光材料と金属の混合層4となるAlqと金の混合層を25nm形成した。次に、発光材料のAlqを蒸着し、膜厚50nmの発光層5を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。そして、素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 100 cd/m^2 において 4.5 cd/A であった。

【0046】一方、比較のために、電荷輸送材料である

ZnPcと金の混合層および発光材料であるAlqと金の混合層の替りに正孔輸送材料であるTPTからなる正孔輸送層を50nm設けた以外は同様にして有機電界発光素子を作製し、特性を調べた。その結果、発光効率は $2.8\text{cd}/\text{A}$ であった。

【0047】以上より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0048】（実施の形態2）本実施の形態の電界発光素子は、図2に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、発光層5、発光層に含まれる有機物である発光材料と金属の混合層4、電荷輸送材料と金属の混合層3、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0049】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、ZnPc、TPT、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0050】ついで、 $2 \times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材料のTPTを $0.1\text{nm}/\text{秒}$ の速度で蒸着し膜厚50nmの正孔輸送層7を形成した。ついで、発光材料のAlqを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を積層した。次に、発光材料のAlqとリチウムを異なる蒸着源から共蒸着し、発光材料と金属の混合層4となるAlqとリチウムの混合層を25nm形成した。そして、電荷輸送材料のZnPcとリチウムを異なる蒸着源から共蒸着し、電荷輸送材料と金属の混合層3となるZnPcとリチウムの混合層を25nmの形成した。その後、アルミニウムを蒸着し150nmの陰極6を形成した。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0051】そして、素子作製後、直ちに乾燥室素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ において $5.3\text{cd}/\text{A}$ であった。

【0052】これより、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0053】（実施の形態3）本実施の形態の電界発光素子は、図3に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、発光層5、電荷輸送材料と金属の混合層3、電子輸送層8、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0054】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、ZnPc、TPT、DPVBi、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0055】ついで、 $2 \times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材料のTPTを蒸着し膜厚50nmの正孔

輸送層7を形成した。ついで、発光材料のDPVBiを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を積層した。次に、電荷輸送材料のZnPcとリチウムを異なる蒸着源から共蒸着し、電荷輸送材料と金属の混合層3となるZnPcとリチウムの混合層を5nmの形成した。次に、電子輸送材料のAlqを蒸着し、膜厚25nmの電子輸送層8を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0056】そして、素子作製後、直ちに乾燥室素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ において $3.8\text{cd}/\text{A}$ であった。

【0057】一方、比較のために、電荷輸送材料であるZnPcとリチウムの混合層設けない以外は同様にして有機電界発光素子を作製し、特性を調べた。その結果、発光効率は $1.9\text{cd}/\text{A}$ であった。

【0058】以上より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0059】（実施の形態4）本実施の形態の電界発光素子は、図4に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、発光層5、正孔輸送材料と電子輸送材料の混合層9、電子輸送層8、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0060】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、TPT、DPVBi、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0061】ついで、 $2 \times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材料のTPTを蒸着し膜厚50nmの正孔輸送層7を形成した。ついで、発光材料のDPVBiを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を形成した。次に、正孔輸送材料のTPTと電子輸送材料のAlqを異なった蒸着源より共蒸着し、正孔輸送材料と電子輸送材料の混合層9となる膜厚10nmのTPTとAlqの混合層を形成した。そして、電子輸送材料のAlqを蒸着し、膜厚25nmの電子輸送層8を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0062】そして、素子作製後、直ちに乾燥室素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ において $4.3\text{cd}/\text{A}$ であった。

【0063】実施の形態3で示したようにTPTとAl

qの混合層を設けない素子の発光効率は 1.9cd/A であることより、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0064】（実施の形態5）本実施の形態の電界発光素子は、図5に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、発光層5、正孔輸送材料と発光材料の混合層10、電子輸送層8、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0065】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、TPT、DPVBi、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0066】ついで、 $2\times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材料のTPTを蒸着し膜厚50nmの正孔輸送層7を形成した。ついで、発光材料のDPVBiを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を積層した。次に、正孔輸送材料のTPTと発光材料のDPVBiを異なる蒸着源から共蒸着し、正孔輸送材料と発光材料の混合層10となるTPTとDPVBiの混合層を5nmの形成した。次に、電子輸送材料のAlqを蒸着し、膜厚25nmの電子輸送層8を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0067】そして、素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 100cd/m^2 において 3.9cd/A であった。

【0068】実施の形態3で示したように、正孔輸送材料であるTPTと発光材料DPVBiの混合層を設けない素子の発光効率は 1.9cd/A であることより、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0069】（実施の形態6）本実施の形態の電界発光素子は、図6に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、電子輸送材料と発光材料の混合層11、発光層5、電子輸送層8、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0070】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、TPT、DPVBi、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0071】ついで、 $2\times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材料のTPTを蒸着し膜厚50nmの正孔輸送層7を形成した。ついで、電子輸送材料のAlqと発光材料のDPVBiを異なる蒸着源から共蒸着し、電子輸送材料と発光材料の混合層11となるAlqとDP

VBiの混合層を5nmの形成した。次に、発光材料のDPVBiを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を積層した。そして、電子輸送材料のAlqを蒸着し、膜厚25nmの電子輸送層8を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0072】そして、素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 100cd/m^2 において 3.5cd/A であった。

【0073】実施の形態3で示したように、正孔輸送材料であるTPTと発光材料DPVBiの混合層を設けない素子の発光効率は 1.9cd/A であることより、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0074】（実施の形態7）本実施の形態の電界発光素子は、図7に示すように、ガラス基板1上に透明電極2としてITO電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔輸送層7、ポルフィリン化合物層12a、発光層5、ポルフィリン化合物層12b、電子輸送層8、陰極6の順に蒸着して作製した構成を有する。

【0075】まず、十分に洗浄したガラス基板1（透明電極2となるITO電極は成膜済み）、TPT、ZnPc、DPVBi、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0076】ついで、 $2\times 10^{-6}\text{torr}$ まで排気した後、正孔輸送材のTPTを蒸着し膜厚50nmの正孔輸送層7を形成した。ついで、ポルフィリン化合物であるZnPcを蒸着し膜厚5nmのポルフィリン化合物層12aを形成した。次に、発光材のDPVBiを蒸着し、膜厚25nmの発光層5を形成した。ついで、ZnPcを蒸着し膜厚5nmのポルフィリン化合物層12bを形成した。そして、電子輸送材のAlqを蒸着し、膜厚25nmの電子輸送層8を積層した。その後、アルミニウムとリチウムを異なる蒸着源から蒸着しアルミニウムとリチウムの混合膜を150nm形成し陰極6とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0077】そして、素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 100cd/m^2 において 4.2cd/A であった。

【0078】実施の形態3で示したように、ZnPc層を設けない素子の発光効率は 1.9cd/A であることより、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率が大幅に改善されていることが確認された。

【0079】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、発光効

率が高い有機電界発光素子が得られるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 2】 本発明の第 2 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 3】 本発明の第 3 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 4】 本発明の第 4 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 5】 本発明の第 5 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 6】 本発明の第 6 の実施形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

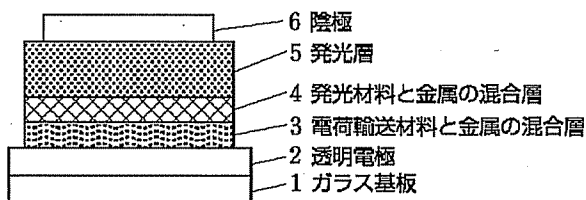
【図 7】 本発明の第 7 の実施形態における有機電界発光

素子の構成を示す断面図

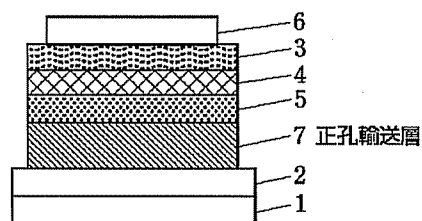
【符号の説明】

- 1 ガラス基板
- 2 透明電極
- 3 電荷輸送材料と金属の混合層
- 4 発光材料と金属の混合層
- 5 発光層
- 6 陰極
- 7 正孔輸送層
- 8 電子輸送層
- 9 正孔輸送材料と電子輸送材料の混合層
- 10 正孔輸送材料と発光材料の混合層
- 11 電子輸送材料と発光材料の混合層
- 12 a ポルフィリン化合物層
- 12 b ポルフィリン化合物層

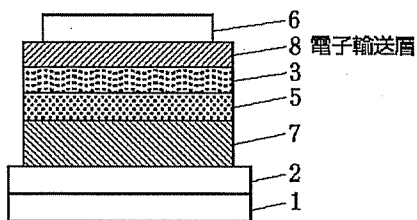
【図 1】



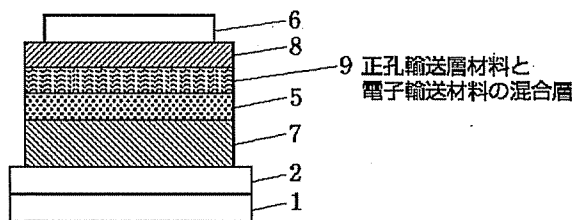
【図 2】



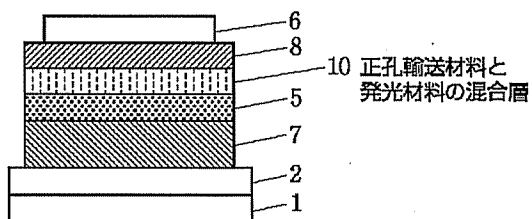
【図 3】



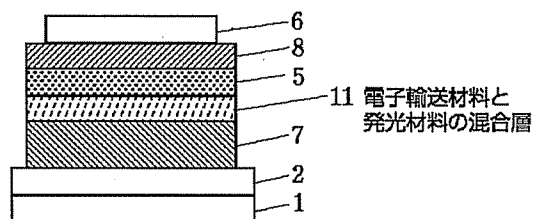
【図 4】



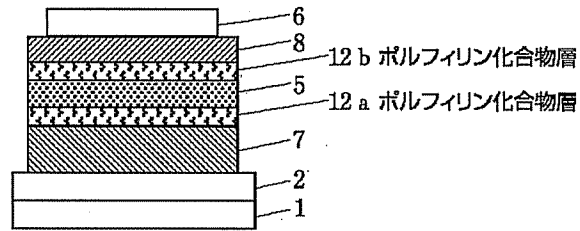
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 工藤 祐治

神奈川県川崎市多摩区東三田 3 丁目 10 番 1

号 松下技研株式会社内

(72)発明者 堀 義和

神奈川県川崎市多摩区東三田 3 丁目 10 番 1

号 松下技研株式会社内

F ターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB06 CA01 CB01

DA00 DB03 EB00 FA01